

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-260482

(43)Date of publication of application : 23.10.1990

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 01-078176

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 31.03.1989

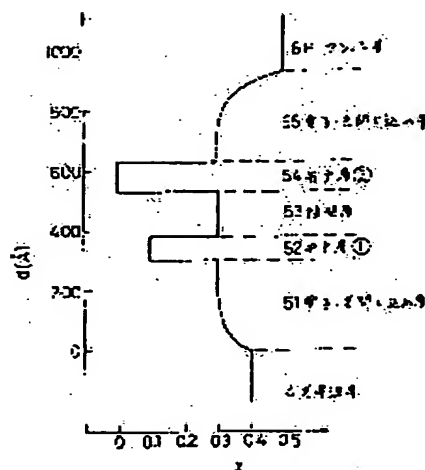
(72)Inventor : IKEDA SOTOMITSU

(54) SEMICONDUCTOR LASER DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To perform multi-wavelength light oscillations having uniform threshold gain by forming an active layer of a plurality of quantum well layers having different energy gaps, and reducing the well width of a high energy gap smaller than that of a low energy gap.

CONSTITUTION: A quantum well structure of an active layer is made of a plurality of quantum well layers 52, 54 having different energy gaps and light and electron confinement layers 51, 55. The layer 52 having larger energy gap is smaller in thickness (lateral width of its well) than the layer 54 having smaller energy gap, and can be oscillated in lower threshold current density than oscillation of the layer 54 having the same energy gap and large thickness. Thus, the layers 52, 54 can be formed to have gain in any wavelength by junction of a current from an exterior, and the wavelengths can be oscillated with the injecting currents of the same degree.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-260482

⑬ Int. Cl.³

H 01 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

7377-5F

⑭ 公開 平成2年(1990)10月23日

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全9頁)

⑮ 発明の名称 半導体レーザ装置

⑯ 特 願 平1-78176

⑰ 出 願 平1(1989)3月31日

⑱ 発 明 者 池 田 外 充 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

⑲ 出 願 人 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

⑳ 代 理 人 弁理士 若 林 忠

明 細 書

1. 発明の名称

半導体レーザ装置

2. 特許請求の範囲

1. 異なるエネルギーギャップを有する複数の量子井戸層と、障壁層と、電子、光閉じ込め層とからなる活性層を具備し、上記量子井戸層に関して、エネルギーギャップの大きな量子井戸層の井戸幅は、より小さなエネルギーギャップの量子井戸層の井戸幅より小さいことを特徴とする半導体レーザ装置。

2. 障壁層および電子、光閉じ込め層の全部又は一部にアクセプタ不純物またはドナー不純物が導入され、p型またはn型電導領域が形成されている請求項1記載の半導体レーザ装置。

3. 活性層は、回折格子を利用した波長選択性をもった共振構造を有している請求項1または2記載の半導体レーザ装置。

4. 活性層の共振端面にはコーティングが施されている請求項1または2記載の半導体レーザ装置。

置。

5. 共振器の内部損失を変化させる手段を有している請求項1または2記載の半導体レーザ装置。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、波長多重光情報伝送・処理等に有用な、一素子から波長の異なる複数のレーザ光を発振可能な多波長半導体レーザに関する。

〔従来の技術〕

従来、一素子から2波長以上の複数レーザ光を出射することのできる多波長半導体レーザとしては、出射レーザ波長が異なるようにその組成を異ならせた複数の活性層を配列した構成を有するもの：分布帰還型(Distributed Feed Back, DFB)半導体レーザ構造、あるいは分布反射型(Distributed Bragg Reflector, DBR)半導体レーザ構造からなる単位の複数を同一基板上に配列し、各レーザ構造の回折格子のピッチを異ならせることにより、各回折格子のピッチに対応するブラッ

波長を異ならせ、各レーザ構造からの出射光の波長を異ならせる構成を有するもの等が知られている。

更に、これに対し、近年さらに発振波長を大きく変える方法として、活性層に単一量子井戸構造を用いこの量子井戸の井戸を通常より深く設定し、2つ以上の量子単位を持つ構造とし、かつレーザ共振器中の内部損失を活性ストライプ領域の幅や、共振器長を変えて制御することによって、選択的に2つ以上の量子単位に対応する発振波長を選ぶ方法が研究されている(1987年秋季応用物理学会予稿集 19p-2R-14)。

【発明が解決しようとしている課題】

しかしながら、上記従来例の、組成の異ならせた複数の活性層を配列した構造では、その作成プロセスは複雑で、数回の成膜の繰り返しが必要となる。また、同一活性層を用いたレーザ構造を用い、その発振波長を回折格子の波長選択性で異ならせる方法は一般的ではあるが、一つの活性層の利得の波長域はせいぜい数nmの範囲でしか特性の

しい光学特性を有する波長域に限りがある。また、共振器長を変えて、共振器での内部損失特性を変えようとする構成では、通常のへき開による端面形成法を用いると、互いに波長の異なる複数のレーザ光を一素子に一体化された構成を有するモノリシックに形成された半導体レーザから得ることができない。

上記のような構成では、発振しきい電流密度は各々の波長に対して大きく異なってしまうため、その発熱量も一方は大きくなってしまい良好なアレイレーザの実現は難しい。

さらに、単一量子井戸構造で2波長を設計するには、量子井戸層の組成と幅、障壁層の組成により波長が決まるが、設計の自由度が少ないために自由にエネルギー単位を設計することは難しく、所望の2波長のための構造を最適化する自由度も非常に少ない。

本発明は、以上述べたような従来の多波長半導体レーザにおける問題に鑑みなされたものであり、同一基板上に複数の活性ストライプ領域を配

良いそろった複数のレーザをモノリシックに構成することはできない。

一方、従来の活性層に単一量子井戸構造を用いた多波長半導体レーザにおいては以下のような問題がある。

単一量子井戸層に電流が注入されると、まず基底単位で利得は増えはじめるが、この基底単位の利得が飽和してから高次単位の利得は増えはじめる。つまり、高次単位の発振を行わせるためには、共振器の損失を増加させてしきい電流を増加させてはじめて実現するのである。よって、それぞれの単位に対応する光を発振させるためには、損失量を制御する必要があるが、その手段としては活性ストライプ領域の幅を異ならせて内部損失を変化させる方法や、共振器長を変化させて端面損失の割合を変化させる方法などがある。

活性ストライプ領域の幅を異ならせて、波長を制御する構成では、活性ストライプ領域の幅によってニア・フィールド・パターン形状や、非点収差などの光学特性が変わってくるため、望ま

列できる構成を有し、良好、かつバラツキの少ない非点収差やニア・フィールド・パターン等の光学特性を有し、かつ安定性の優れた波長の異なる複数のレーザ光を出射可能な多波長半導体レーザを提供することを目的としてなされたものである。

本発明によれば、さらに、単一素子についても、内部損失を変化させることにより、同時多波長発振、波長スイッチングが可能となる。

【課題を解決するための手段(および作用)】

本発明の多波長半導体レーザ素子は、量子井戸型構造からなる活性層と、発振波長を制御する何らかの共振構造とを有することにより、多波長光の同時発振、多波長光のスイッチング、多波長光の集積化を実現したものである。

前記活性層の量子井戸型構造は、第1図にそのエネルギーバンド図を示したように、異なるエネルギーギャップをもつ複数の量子井戸層と光と電子の閉じ込め層からなり、この量子井戸層について、エネルギーギャップがより大きい井戸層は、

エネルギーギャップのより小さい井戸層よりもその層厚(図中、井戸の横幅で表わされる)が小さく、同エネルギーギャップをもつ層厚の大きな井戸層での発振に比べて低しきい電流密度で発振が可能となるように井戸層が設けられており、活性層内にホールまたは電子が多数存在するように光と電子の閉じ込め層と障壁層の一部または全部には不純物がドーピングされ、ホールまたは電子の一方のキャリアが十分満たされているような構造とし、外部からの電流注入により前記複数の量子井戸層でいずれの波長においても利得をもつように形成したものである。

活性層内は、p型にドーピングされている場合、注入電子量を制御すればよく、n型にドーピングされている場合、注入ホール量を制御すればよいので具体的には井戸層と障壁層の組成と層厚を最適化すればよい。本発明においては、井戸層の層厚は、エネルギーギャップのより大きい井戸層の層厚はより小さく、しきい電流密度が小さくなるようにしてあり、エネルギーギャップの大

取や散乱損失が主である内部損失と端面損失になる。そこで、内部損失を変化させるということは、共振器の幅を変化させたり、不純物の拡散やイオン打込み、プロトン照射などの方法があり、一方、端面損失を変化させるには、共振器長を変化させて全損失に対する端面損失の割合を変化させる方法や、端面コーティングにより反射率を制御する方法等がある。

また、波長選択性のある反射器としては、DBR型、DFB型のように回折格子を導波路内に形成する方法や、外部に回折格子を設置した外部共振器型等が非常に有効である。端面損失を変化させる方法として上述した端面コーティングによる制御方法は、発振波長による反射率の変化が支配的と思われる場合には、波長選択性を用いていることになる。

次に、回折格子を素子内に形成したDFB型、DBR型についてその回折格子の形成条件を示しておく。

回折格子は活性層と光学的に結合する光導波層

きい井戸層の発振しきい値をエネルギーギャップの小さい井戸層の発振しきい値に近づけて同程度の注入電流で各々の波長を発振させることがより可能となった。

より薄い量子井戸層からなるレーザの発振しきい電流密度は、厚い量子井戸層からなるレーザのそれよりも小さいということは、Y. ARAKAWA と A. YARIV により IEEE J. Quant. Elect. Vol. QE-22, No. 9 (1986) p1887-1899に報告されている。

活性層内の量子井戸数は2つ以上の複数であれば良いが、上記条件下において井戸層と障壁層の層厚と組成を調整して所望の波長に対応するエネルギーギャップが形成されている必要があり、さらに、各波長に対する利得がほぼ同時にしきい値に達するように制御されている方が望ましい。

発振波長の制御には、共振器内の損失を変化させるか、または波長選択性のある反射器を形成することにより、上記各々のエネルギーギャップに対応する波長を発振させることが可能となった。共振器内の損失は大きく分けて、自由キャリア吸

上に形成されており、その各々のピッチ Λ_i は、所望の波長 λ_i と下記式(1)

$$\Lambda_i = \lambda_i \cdot \frac{1}{2 n_{eff(i)}} \quad (1)$$

(ただし、 q は回折次数(整数)、 n_{eff} は等価屈折率、 i は各半導体レーザ単位に付した標識記号)から求められるものであり、それぞれ異なる波長 λ_i を安定に発振させられる。

よって、回折格子のピッチを変化させることによって、任意の波長数について、所望の波長、波長間隔で安定に発振させられることが可能となった。

また、共振器の一部に電極の付いた吸収領域を形成しておくことによって、そこに注入する電流または印加電圧の制御により、一素子から、多波長光を発振したり、波長スイッチングをしたりすることもできる。

本発明はAlGaAs系、InGaAsP系、AlGaInP系他化合物半導体の発光デバイスとなる材料全てに有効であり、また、レーザの構造や各層の構成等は

適宜変更可能である。

【実施例】

実施例 1

第3図は分布ブラッグ反射型レーザ構造を用いた本発明の2波長半導体レーザの一例の主要部の概略を示す断面図であり、同図(a)は活性領域断面図、同図(b)は共振方向断面図、同図(c)はDBR領域断面図である。

この2波長半導体レーザは、第3(b)図中、活性領域A(長さ300 μm)とDBR領域B(長さ800 μm)とから成り、活性領域Aの構成は、 $n^+\text{-GaAs}$ 基板1上に、 $n^+\text{-GaAs}$ バッファ層2(厚さ0.5 μm)を介して $n\text{-Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ クラッド層3(厚さ1.5 μm)、 $n\text{-Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 光導波層4(0.2 μm)、活性層5(厚さ約0.1 μm)、 $p\text{-Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ クラッド層6(厚さ2.0 μm)が分子線エピタキシャル法により成膜されており、回折格子形成プロセス後、電流狭導のためのメサ加工をし、 $n\text{-Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 電流狭導層9により埋込み構造を形成している。埋込み構造により光導波路は幅1~

いる。

また、電子、光閉じ込め層は徐々に組成が変化しているが、これは電子の注入に有効ではあるが、本発明の本質ではない。

なお、2つの井戸(I)と(II)で生じた光を選択的に発振させるには、回折格子の伝搬定数、つまり光導波部の層構成、回折格子の格子ピッチを制御すれば良い。

第3(b)図においてDBR領域Bは成膜後、光導波層4上までウェットエッチングにより切り込み、平坦な面を形成する。回折格子は二光束干渉露光法により形成するが、この際、2素子【I】と【II】に対する回折格子は各々周期が異なり、前記の井戸①と②の利得の大きい波長800nm、860nmにおいて最大の反射率となるように格子ピッチを設定する。

本実施例の場合、2次の回折を用いるとするならば、 $\Lambda_1 = 2382\text{\AA}$ と $\Lambda_2 = 2591\text{\AA}$ の格子ピッチに設定すればよい。

【I】と【II】の回折格子の形成は、各々、別

2 μm になる。

活性層5は第2図に示すように、基板側から順に $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ から $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ へ徐々に変化する電子、光閉じ込め層51(300 \AA)、 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 井戸①層52(80 \AA)、 $p\text{-Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 障壁層53(150 \AA)、 GaAs 井戸②層54(100 \AA)、 $p\text{-Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ から $p\text{-Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ へ変化する電子、光閉じ込め層55(300 \AA)から成り、井戸①、井戸②のエネルギーギャップは、それぞれ1.68 eV及び1.55 eVで、室温における発振波長は800nm、860nmである。

また、障壁層は一般にほぼ100 \AA 以上あれば互いの井戸の電子準位は干渉しないので、それぞれの井戸にキャリアの注入が可能で、別々に発振させられる。

本実施例において、p側の電子、光閉じ込め層55と障壁層53にはアクセプター不純物がドーピングされており、p型領域としているが、この理由は、ホールの移動度が電子の移動度より約1桁小さいために再結合効率を高めるためにp型として

別にフォトリソ及びエッチングを行い、上記の格子ピッチの反射器を作る。回折格子を形成後、 $i\text{-Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 光導波層7(厚さ約0.1 μm)、 $n\text{-Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ クラッド層8(厚さ約2.0 μm)を液相エピタキシャル法により成膜し、光導波路形成のため、活性領域と同時にメサ加工し、埋込み層($n\text{-Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$)9を液相エピタキシャル法により作成する。

電流注入窓の形成は、絶縁層 SiO_2 または Si_3N_4 11(厚さ0.5 μm)をプラズマCVDなどにより成膜後エッチングにより活性領域Aの活性層上部に幅2 μm の注入窓を形成する。その後、オーミックコンタクトのために ZnAs を用い、石英封管法でZnを拡散させZn拡散領域10を形成し、p型電極 Au/Cr 12蒸着後、素子【I】と【II】の電極を分離し、最後にn型電極 Au-Ge/Au 13を蒸着する。

本実施例によると、活性領域Aで発生した光はDBR領域Bで反射されるが、素子【I】、【II】ではそれぞれ格子ピッチ Λ_1 、 Λ_2 の回折格子により波長 λ_1 、 λ_2 が選択的に反射し、結

果として同一活性層を用いながら、異なる2つの波長を発振することになる。

本発明の特徴の1つである活性層の設定に関しては、第1図に示した他にも第4図(a)～(e)に示すように種々考えられる。同図(a)は複数の井戸層の組成は同じであるが幅が異なる場合を示し、同図(b)はn型界面に近い側に E_g の小さい井戸層がある場合を示し、同図(c)は複数の井戸層のいずれも混晶組成からなる場合を示し、同図(d)は障壁層にはp型アクセプター不純物がドーピングされていない場合を示し、同図(e)は電子、光閉じ込め層の組成が徐々に変化している場合を示す。いずれも、複数の量子井戸層を近いしきい電流値で発振させることができる。

また、第4図に示した構造においてp型とn型を入れかえても、同様に、高 E_g の量子井戸層の発光を容易にし、低しきい値化が可能となる。

実施例2

第5図は、電流注入領域がそれぞれ異なって形成されており、発振波長が異なる井戸層のエネル

で発振するレーザアレイが実現できる。

レーザの順構成は、 n^+ -GaAs 基板1上に、 n^+ -GaAs バッファ層2、 n -Al_{0.3}Ga_{0.7}As クラッド層3、活性層5、 p -Al_{0.3}Ga_{0.7}As クラッド層6、 p^+ -GaAs キャップ層14が順次エピタキシャル成長されており、電流狭窄のためのメサ加工後、絶縁層SiO₂ 11をプラズマCVDにより形成し、リッジ上部に電流注入窓を開け、p型電極Au/Cr 12の蒸着を行う。

ここで、素子AとBの間は電極分離を行い、かつ、Bの共振器の一部を電極がおおうようにエッチングにより除去する。最後にラッピングをし、n型電極Au-Ge/Auを蒸着する。

活性層は実施例1と同じ構成をとっており、その場合、Aの共振器長が300 μ m、Bの電極付着部の長さが200 μ mの時、それぞれ860nmと800nmの波長で発振した。

実施例3

第6図は共振器が活性領域【I】と損失領域【II】とによって形成されている本発明を実施し

ギーギャップに対応する様にアレイ化された本発明を実施した多波長半導体レーザを示す。

本実施例は、リッジ導波路型レーザにおいて、レーザAは共振器全面にわたって電極が付いているが、レーザBは共振器の一部に電極の付いていない部分をもつ。その結果、Aでは共振器全域が利得領域となるが、Bでは一部損失領域、他部利得領域となるので、Bの共振器全体の損失はAよりも大きくなり、電流注入部のしきい電流密度は大きくなる。

本発明で異なるエネルギーギャップを有する複数の量子井戸層を活性層とした場合、それぞれのエネルギーギャップに対する発振波長のしきい利得は多くの場合異なり、エネルギーギャップの大きい井戸層のしきい利得は大きくなる。

そこで、第5図においてエネルギーギャップの大きい井戸層の発振のための制御には共振器の一部に電流注入部のない素子Bの電極の長さを制御し、一方、エネルギーギャップの小さい井戸層の発振には素子Aを用いることにより、異なる波長

た波長可変型半導体レーザの一例である。

レーザ構造及び順構成は本発明の条件を満たす活性層をもち、多波長光の発振が可能な構造であればよい。

吸収領域【II】は順方向に電流が注入され、【II】部での損失(利得)を変化させることによって共振器全体としての損失を変化させ、しきい利得の異なる各々の波長の切換え、及び同時発振または横方向に配置して異波長光のマルチレーザアレイを実現できる。

例えば、【II】部に【I】部と同じ電流密度で注入されている時に、長波長光が発振しているならば、【II】部の電流密度を減少する時内部損失が増加し、【I】部の電流を増加させなければしきい利得に達しなくなり、結果として短波長光が発振することになる。

また、端面損失を大きく設定しておけば、共振方向に均一注入時に短波長光が発振し、不均一注入時に長波長光が発振することも可能である。具体的には、共振器長を短くするか、端面反射率を

小さくすればよい。

実施例4

第7図は、共振器が活性領域【I】と吸収領域【III】とによって形成されていることを特徴とする本発明を実施した波長可変型レーザの一例である。

実施例3と同様、レーザ構造および膜構成は本発明の条件を満たす活性層をもち、多波長光の発振が可能な構造であればよい。

【I】と【III】の境界部は、電流の分離のために基板まで切り込み、その後液相エピタキシャル法により光導波路を形成する様に埋め込む。

吸収領域【III】は逆方向に電圧を印加し、活性層内の量子井戸層に閉じ込められたエキシトンの吸収ピークのシフトを行う電圧印加時の吸収端のシフトは、長波長側へずれるため、多波長のうち長波長光に対する内部損失が高まり、短波長光の発振が生じることになる。

実施例3および4は、共振器の内部損失を変化させる領域を共振器の一部にもつことによってし

または注入ホールのみを制御すればよくなり、構造の最適化が容易である。

共振器には回折格子を用いることにより、動的単一縦モードの多波長半導体レーザアレイが実現できる。一方、端面コーティングを行い、それぞれの波長における反射率を制御する方法や、共振方向に損失領域を設ける方法により内部損失を制御することによっても多波長半導体レーザアレイが実現できる。

さらに、一素子において、損失領域の損失(利得)を変化させることにより、多波長光の同時発振、波長スイッチングを行うことが可能となった。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の発光機構を示す模式図、

第2図は第3図の活性層の構成を示す図、

第3図は本発明を実施したDBR型多波長レーザアレイの構造図、

第4図は本発明の活性層の変形例を示す図、

第5図は本発明を実施した多波長レーザアレイ

の構造図、

さい利得を変化させて、異波長光の発振を可能にすることができた。これにより、異波長光の同時発振、異波長光のスイッチングが実現でき、多波長レーザのアレイ化も同一活性層を用いたモノリシックレーザアレイとして実現できた。

【発明の効果】

以上説明したように本発明は、活性層を以下の様に構成し、共振器に損失を制御する手段または波長選択性のある手段をとることにより、多波長光の同時発振、スイッチング、モノリシックアレイ化を実現できる効果がある。

すなわち、活性層は、異なるエネルギーギャップを有する複数の量子井戸層から成り、各々の量子井戸層の幅について、高エネルギーギャップの井戸幅は低エネルギーギャップの井戸幅よりも小さくすることにより、高エネルギーギャップの量子井戸層の発振しきい電流密度を低下させてしきい利得のそろった多波長光発振を可能にした。

また、活性層内の井戸層以外の全部または一部に不純物をドーピングすることにより、注入電子

の構造図、

第6図は共振器の一部に順方向吸収領域をもつ同時多波長または波長スイッチの可能な本発明を実施した半導体レーザの断面図、

第7図は共振器の一部に逆方向吸収領域をもつ本発明を実施した半導体レーザの断面図、

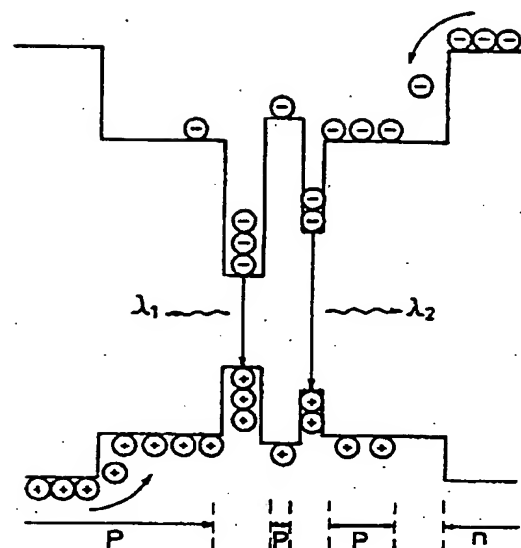
第8図は量子井戸層膜厚としきい電流密度の関係図である。

- 1・・・基板(n^+ -GaAs)、
- 2・・・バッファ層(n^+ -GaAs)、
- 3・・・クラッド層(n -Al_{0.3}Ga_{0.7}As)、
- 4・・・光導波層(n -Al_{0.3}Ga_{0.7}As)、
- 5・・・活性層、
- 6・・・クラッド層(p -Al_{0.3}Ga_{0.7}As)、
- 7・・・光導波層(i -Al_{0.3}Ga_{0.7}As)、
- 8・・・クラッド層(n -Al_{0.3}Ga_{0.7}As)、
- 9・・・電流狭窄層(n -Al_{0.3}Ga_{0.7}As)、
- 10・・・Zn拡散領域、
- 11・・・絶縁層(Si₃N₄またはSiO₂)、
- 12・・・p電極(Au/Cr)。

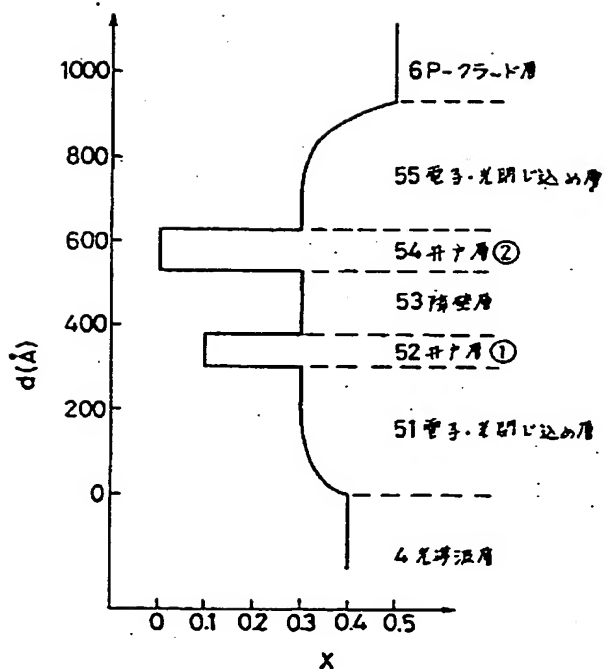
13... n 電 極 (Au-Ge/Au).

14... キャップ層 (p⁺-GaAs) .

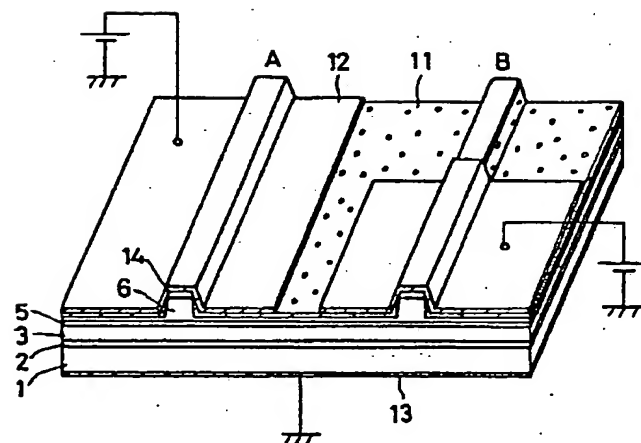
特許出願人 キヤノン株式会社
代理人 弁理士 若 林 忠



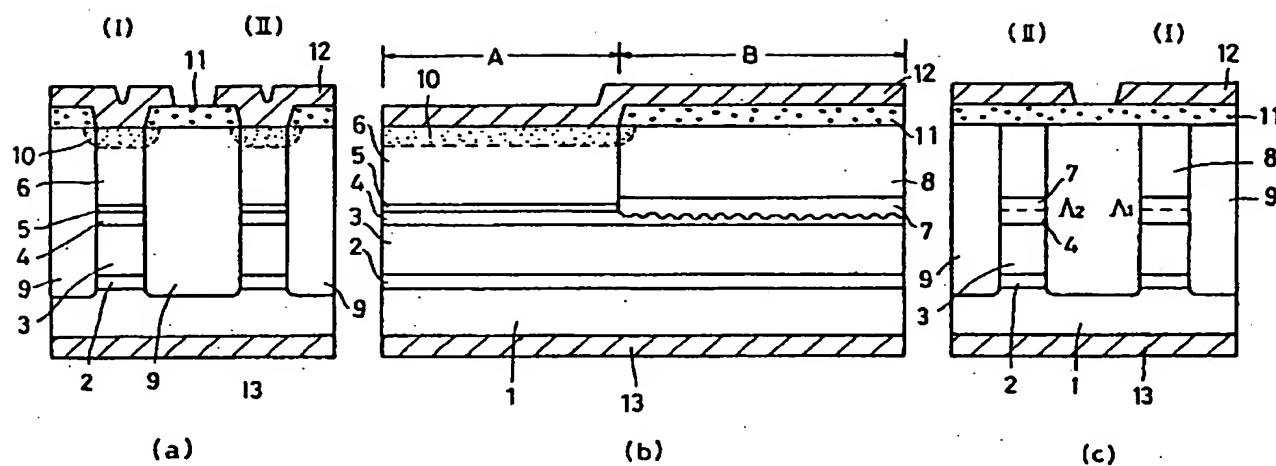
第 1 図



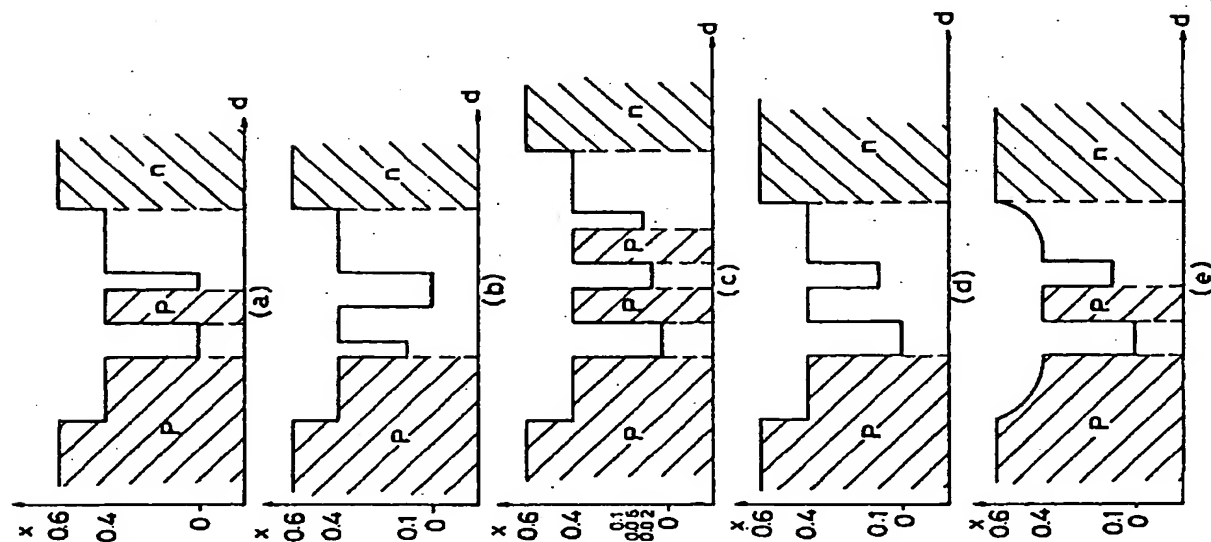
第 2 図



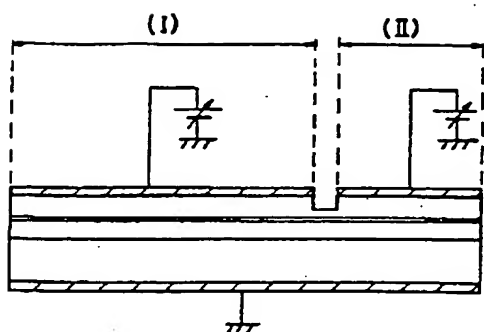
第 5 図



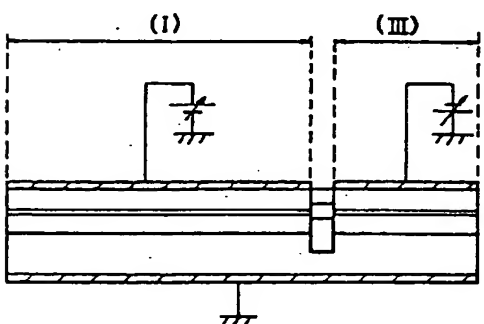
第 3 図



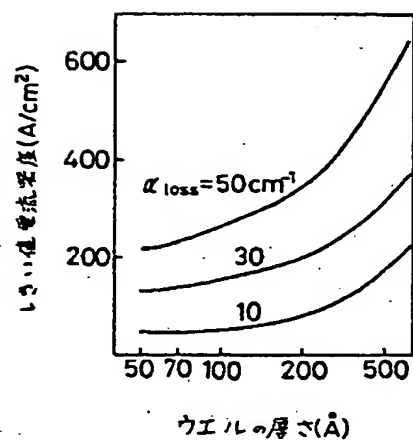
第 4 図



第 6 図



第 7 図



第 8 図